湖南西部矿区空气污染物暴露与中老年人血脂异常的关联研究

奉水东 1，李君艳 1，邓蜀湘，等. 湖南西部矿区空气污染物暴露与中老年人血脂异常的关联研究［J］. 中国全科医学，2022. ［Epub ahead of print］. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0809

奉水东[1]，李君艳[1]，邓蜀湘[1]，陈立谋[1]，曹梦悦[1]，唐艳[1]，唐鹏[1]，刘俊[2]，沈敏学[3*]，杨飞[1*]

基金项目：湖湘青年人才计划项目（2021RC3107）；湖南省优秀青年基金（2020JJ3053）

1. 421001 湖南省衡阳市，南华大学衡阳医学院，公共卫生学院，湖南省典型环境污染与健康危害重点实验室
2. 421001 湖南省衡阳市，南华大学衡阳医学院，基础医学院，生态健康与人类重要疾病防控湖南省高校重点实验室
3. 410078 湖南省长沙市，中南大学湘雅公共卫生学院，社会医学与卫生事业管理学系
*通信作者：杨飞，教授，博士生导师；Email:yangfeilong@126.com；沈敏学，教授，研究生导师：Email: shenmx1988@csu.edu.cn

【摘要】 背景 血脂异常已成为全球性公共卫生事件之一，然空气污染与血脂异常的关系如何，目前报道较少。**目的** 探讨湖南西部矿区空气污染物暴露与中老年人血脂异常的关系。**方法** 采用整群随机抽样的方法，于 2018~2019 年，以社区或村为抽样单位，抽取湖南省西部矿区 45 岁以上的的居民 1965 人作为研究对象，通过问卷调查、体格检查和实验室检查等方法，获取人口学特征、生活方式、疾病史和血脂指标[总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-c)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-c)]。根据气象部门发布的空气污染数据，通过反距离权重插值法估算矿区的空气污染物浓度，再根据空气质量综合指数（AQCI）估算个体空气污染物的日均摄入量（$ADD_{总}$），采用非条件 Logistic 回归分析 $ADD_{总}$与血脂水平的关系。**结果** 在调查的 1965 人中，血脂异常的有 498 例，患病率为 25.3%，TC、TG、HDL-c 及 LDL-c 的异常率分别为 12.9%、10.6%、5.4%、8.8%，$ADD_{总}$范围为 0.53~1.83（m^3/kg/day）。调整性别、年龄、吸烟、饮酒、文化程度、收入、体重指数（BMI）、高血压、糖尿病等因素之后，与 $ADD_{总}$水平 Q_1 组对象相比，Q_2、Q_3、Q_4 组对象出现 TG 异常的风险较大[OR(95%CI)值分别为 2.61(1.38,4.93)、3.42(1.51,7.73)和 5.12(1.77,14.85)]；Q_4 组对象出现 TC 异常的风险较大[OR(95%CI)为 2.62(1.02,6.75)]。**结论** 空气污染物暴露与 TC、TG 异常存在关联。

【关键词】空气污染物；血脂异常；中老年人；矿区

【中图分类号】R122.7

Association between Air Pollutant Exposure and Dyslipidemia in Middle-aged and Elderly People in Western Mining Area of Hunan Province

FEBG Shuidong[1], LI Junyan[1], DENG Shuxiang[1], CHEN limou[1], CAO Mengyue[1], TANG Yan[1], TANG Peng[1], LIU Jun[2], SHEN Minxue[3*], YANG Fei[1*]

1. Hunan Provincial Key Laboratory of Typical Environmental Pollution and Health Hazards, School of Public Health, Hengyang Medical College, University of South China ,Hengyang 421001, China
2. The Key Laboratory of Ecological Environment and Critical Human Diseases Prevention of Hunan Province Department of Education, School of Basic Medical Sciences, Hengyang Medical School, University of South China, Hengyang 421001, China
3. Department of Social Medicine and Health Service Management, Xiangya School of Public Health, Central South University ,Changsha 410078, China
*Corresponding author: YANG Fei, Associate Dean,doctorial tutor; Email: yangfeilong@126.com；SHEN Minxue，professor,postgraduate tutor；Email: shenmx1988@csu.edu.cn

【**Abstract**】 **Background** Dyslipidemia has become one of the global public health events. However, the relationship between air pollution and dyslipidemia has been rarely reported. **Objective** To explore the relationship between air pollutants and hyperlipidemia in the middle-aged and elderly in western mining area of Hunan province. **Methods** A total of 1965 people over 45 years old in western mining area in Hunan Province, were randomly sampled from a community or village, from 2018 to 2019. The general demographic characteristics, life style, disease history, and the Indicators of Hyperlipidemia [total cholesterol(TC), triglyceride (TG), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-c), and high-density lipoprotein cholesterol(HDL-c)] were obtained by using questionnaire, physical examination and laboratory test. The air pollution data of monitoring stations for the first two years of the survey released by Meteorological Department were collected, the air pollution data of the mining area were calculated by inverse distance weighted (IDW) method,and the average daily dose (ADD_{total}) of air pollutants is calculated based on the Air Quality Comprehensive Index (AQCI). Logistic regression was used to analyze the relationship between ADD_{total} and hyperlipidemia. **Results** There were 498 cases of hyperlipidemia among the 1,965 people studied,the prevalence rate was 25.3%. The prevalence of abnormal rates of TC, TG, HDL-c and LDL-c were 12.9%,10.6%, 5.4%, 8.8%, respectively. The range of ADD_{total} is 0.53~1.83(m^3/kg/day). After adjusting for sex, age, smoking, drinking, education, income, body mass index (BMI), hypertension, diabetes and other factors, it was found that Q_2, Q_3 and Q_4 group had a greater risk of abnormal TG [*OR* (*95%CI*) values were 2.61(1.38, 4.93),3.42(1.51,7.73) and 5.12(1.77,14.85), respectively], Q_4 group had a greater risk of abnormal TC [*OR*(*95%CI*)= 2.62(1.02,6.75)] , compared with Q_1 group(the lowest concentration of ADD_{total}). **Conclusion** Air pollutants is associated with abnormal TC and TG.

【**Keywords**】Air pollutant; Dyslipidemia; Middle-aged and elderly people; Mining area

前言

世界卫生组织的一份报告显示，环境空气污染导致全球城市和农村地区300万人过早死亡，其中88%发生在中低收入国家[1]。有数据显示2010年中国环境空气污染导致123.4万人死亡、2.5亿伤残调整寿命年(DALY)损失，成为中国疾病第四大负担[2]。

长期暴露于空气污染物与心血管疾病的发病率和死亡率有关[3-5]，可能与全身炎症，氧化应激[6]等机制有关，这些机制会导致或者伴随着一些中间疾病和症状（如高血压、血脂异常、肥胖等），被称为心血管疾病的代谢危险因素。血脂异常(Dyslipidemia)是一种以血液中总胆固醇(total cholesterol,TC)、甘油三脂(triglyceride,TG)、低密度脂蛋白(low-density lipoprotein cholesterol,LDL-c)、高密度脂蛋白(high-density lipoprotein cholesterol,HDL-c)等任何一项指标异常为特征的一种慢性代谢性疾病[7,8]，与吸烟、肥胖等危险因素共同作用，增加冠心病(coronary heart disease,CHD)和动脉粥样硬化症(atherosclerosis,ASHD)的风险。已有

较多研究探索空气污染物与心血管代谢危险因素（肥胖和高血压）之间的关系[6,9-13]，但空气污染物与血脂异常关联的研究少有报道，故本研究以矿区中老年人为研究对象，分析两者之间的关系。

1　对象与方法

1.1　研究对象

以湖南西部两矿区作为研究现场，两矿区分别以雄黄矿、铅锌矿的开采与冶炼为主，有十年以上开采历史[14,15]。两矿的开采过程和冶炼过程中会产生颗粒物和 CO，雄黄矿的冶炼过程中还会产生 SO_2。采用整群随机抽样的方式，以社区或村为抽样单位，随机选取年龄 45 岁以上[16]且在当地居住时间不少于 5 年、每年居住时间不少于 6 个月的居民，排除无血脂指标数值、以及按照均值±5 标准差(SD_S)标准排除变量（血脂指标、身高、体重等）异常值后，最终纳入 1965 人作为研究对象。

1.2　方法

1.2.1　暴露测量

由于暴露结局的滞后性，我们通过实时空气质量监测网站（http://www.aqistudy.cn），收集调查前 2 年的监测站空气污染物的浓度数据。利用距离最近的 3 个监测站的空气污染物浓度（C）和距离（d），通过反距离权重插值法估算湖南西部矿区空气污染物的浓度，公式[17,18]如下：

$$C=\frac{\sum_{i=1}^{3}\left(\frac{C_i}{d_i^2}\right)}{\sum_{i=1}^{3}\left(\frac{1}{d_i^2}\right)}$$

为了评估个体空气污染物综合暴露的水平，采用环境空气质量综合指数(AQCI)去估算个体的每日平均摄入量(ADD 总)。AQCI 是描述城市环境空气质量综合状况的无量纲指数，它综合考虑了 $PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3 等六项污染物的污染程度，其值越大表明综合污染程度越重。月评价的 AQCI 计算方法[19,20]如下：

$$AQCI=\sum I_i=\sum\frac{C_i}{S_i}$$

式中：C_i——污染物 i 的浓度值（除了 CO 为 mg/m³，其余均为 μg/m³，且当 i 为 $PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2 及 NO_2 时，C_i 为月均值，当 i 为 CO 和 O_3 时，C_i 为特定百分位数浓度值）；S_i——污染物 i 的年均值二级标准[21]（单位与 C_i 单位一致，且当 i 为 CO 时，为日均值二级标准；当 i 为 O_3 时，为 8 小时均值二级标准）。

然后，通过用 AQCI 的平均值代替浓度值，估算每个个体的每日平均摄入量(ADD 总)，ADD 总的计算公式[22]如下：

$$ADD_{总}=\frac{\sum ADD_n}{2}$$

$$ADD_n=\frac{C_i\times IR_{inh}\times EF\times ED}{BW\times AT}$$

式中：ADD 总——调查研究前 2 年的每日平均摄入量(m³/kg/day)；ADD_n——第 n 年的每日平均摄入量(m³/kg/day)；C_i——第 n 年的 AQCI 平均值；IR_{inh}——呼吸速率(m³/day)；EF——暴露频率(days/year)；ED——暴露持续时间(year)；BW——体重(kg)；AT——平均暴露时间(days)。暴露参数取值可见表 1。

表 1　暴露参数取值

Table 1　Exposure parameter value

暴露参数		取值	单位
IR_{inh}[23]			
	16～21 岁	16.3	(m³/day)
	21～31 岁	15.7	(m³/day)

	31～41 岁	16.0	(m^3/day)
	41～51 岁	16.0	(m^3/day)
	51～61 岁	15.7	(m^3/day)
	61～71 岁	14.2	(m^3/day)
	71～81 岁	12.9	(m^3/day)
	≥ 81 岁	12.2	(m^3/day)
EF[22]		350	(days/year)
ED[22]		24	(year)
AT[22]		8760	(days)

1.2.2　调查方法

由经过严格培训的调查员使用统一的调查表，通过面对面询问的方法收集被调查对象的人口学特征、生活方式、既往疾病史、用药史等信息。所有体格检查和实验室检测由中南大学湘雅医院、中南大学湘雅三医院、湖南省职业病防治院医生完成。本研究由中南大学湘雅医院伦理委员会批准，所有参与者都签署了知情同意书。

1.2.3　变量定义

根据《中国成人血脂异常防治指南》[24]：TC ≥ 6.2 mmol/L 或 TG ≥ 2.3 mmol/L 或 HDL-C < 1.0 mmol/L 或 LDL-C ≥ 4.1mmol/L，具备以上任何一项即可诊断血脂异常。

根据《中国高血压防治指南》[25]：在未使用降压药物的情况下，收缩压(SBP）≥ 140 mmHg 和（或）舒张压(DBP)≥ 90 mmHg。患者既往有高血压史，目前正在使用降压药物，血压虽然低于 140/90 mmHg，仍应诊断为高血压。

根据《中国 2 型糖尿病防治指南（2017 年版）》[26]：体检测量空腹血糖(FPG)≥ 7.0 mmol/L 或既往有糖尿病史，诊断为糖尿病。

吸烟情况：吸烟定义为每天至少吸一支而且持续吸烟超过六个月；曾经吸烟定义为以前有吸烟但现不吸烟；不吸烟定义为在其一生中没有吸食任何烟草。

饮酒情况：饮酒定义为参与者每周至少饮用一次酒精类饮料而且持续半年以上；曾经饮酒定义为以前有饮酒但现不饮酒；从不饮酒定义为一生中从未喝酒。

1.3　数据分析

使用 SPSS 26.0、excel 2010 来进行统计分析，连续变量符合正态分布时，用均值±标准差(SD_S)表示，不符合正态分布或分布不明时，用中位数（四分位数间距，*IQR*）表示，分类变量用百分比来表示。采用 χ^2检验比较不同特征研究对象的血脂异常患病率的差异。以血脂指标是否异常为因变量，以 $ADD_{总}$[按照 $ADD_{总}$水平分为 Q_1 组（0.5-0.7 m^3/kg/day）、Q_2 组（0.7-0.9 m^3/kg/day）、Q_3 组（0.9-1.1 m^3/kg/day）、Q_4 组（> 1.1 m^3/kg/day）]为自变量，分别控制性别、年龄、吸烟、饮酒、文化程度、收入、体重指数（BMI）、高血压、糖尿病等因素之后，采用非条件 Logistic 回归进行分析。

2　结果

2.1　矿区空气污染物水平

湖南省西部两矿区年均 AQCI 分别为 3.40、3.64，其中，雄黄矿区 $PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3 年均浓度水平为 36.63 μg/m^3、54.93 μg/m^3、9.35 μg/m^3、15.39 μg/m^3、1.93 mg/m^3、125.33 μg/m^3，铅锌矿区 $PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3 年均浓度水平为 36.59 μg/m^3、64.48 μg/m^3、7.72 μg/m^3、13.83 μg/m^3、0.98 mg/m^3、113.71 μg/m^3，两矿区 $PM_{2.5}$ 年平均浓度超出国家空气质量标准（II级）[21]。

2.2　研究人群的特征

如表 2 所示，在 1965 名中老年人中，检测出血脂异常 498 人，患病率 25.3%，男性 264 人(53.0%)，女性 234 人(48.0%)。单因素分析结果显示不同年龄、BMI、吸烟、$ADD_{总}$以及是否患高血压，其血脂异常患病率差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表 2　湖南省西部矿区 1965 名居民不同特征血脂异常患病情况

Table 2　Prevalence of dyslipidemia with different characteristics in 1965 Residents of western mining area in Hunan Province

特征	血脂正常[*n*(*IQR*/%)]	血脂异常[*n*(*IQR*/%)]	*P* 值
年龄（岁）	60.5(53.0,68.0)	57.0(52.0,67.0)	0.035
性别			0.337
男	814(55.5)	264(53.0)	
女	653(44.5)	234(47.0)	
BMI(kg/m^2)	23.3(21.2,25.6)	24.5(22.0,26.9)	0.000
文化程度			0.834
小学及以下	931(64.2)	312(63.3)	
初中	400(27.6)	136(27.6)	
高中及以上	120(8.3)	45(9.1)	
收入			0.940
一万以下	779(54.1)	261(53.3)	
一万到三万	484(33.6)	164(33.5)	
三万到五万	122(8.5)	46(9.4)	
五万以上	56(3.9)	19(3.9)	
饮酒			0.154
不饮酒	1199(82.9)	421(86.3)	
曾经饮酒	40(2.8)	14(2.9)	
饮酒	207(14.3）	53(10.9)	
吸烟			0.037
不吸烟	1083(75.1)	395(80.6)	
曾经吸烟	40(2.8)	13(2.7)	
吸烟	319(22.1)	82(16.7)	
高血压			0.000
否	584(40.1)	144(29.2)	
是	871(59.9)	349(70.8)	
糖尿病			0.104
否	1272(86.8)	389(78.1)	
是	194(13.2)	109(21.9)	
ADD $_{总}$			0.005
Q1	119(8.1)	53(10.6)	
Q2	626(42.7)	244(49.0)	
Q3	565(38.5)	152(30.5)	
Q4	157(10.7)	49(9.8)	

2.3　不同 ADD $_{总}$水平居民的血脂异常

TG、TC、HDL-c 及 LDL-c 的异常率分别为 10.6%、12.9%、5.4%、8.8%，TG、HDL-c 异常检出率在不同 ADD $_{总}$水平组中差异有统计学意义(P<0.05)，见表 3。

表 3　湖南西部矿区不同 ADD $_{总}$水平居民的血脂指标异常检出情况比较［n(%)］

Table 3　Comparison of abnormal detection of blood lipid index among residents with different levels of ADD $_{total}$ in western mining area in Hunan Province［n(%)］

ADD 总 (m³/kg/day)	调查人数	TG	TC	HDL-c	LDL-c
Q1	172	23(11.0)	18（7.1）	20（18.9)	16(9.2)
Q2	870	110(52.6)	109(43.1)	60(56.6)	78(45.1)
Q3	717	60(28.7)	89(35.2)	23(21.7)	60(34.7)
Q4	206	16(7.7)	37(14.6)	3(2.8)	19(11.1）
χ^2值		10.7	5.9	29.9	0.3
P 值		0.013	0.118	0.000	0.961
合计	1965	209(10.6)	253(12.9)	106(5.4)	173(8.8)

2.4　ADD 总与血脂异常的 logistic 回归分析

logistic 回归模型分析结果显示，当调整年龄、性别时（模型 1），TG 异常率、HDL-c 异常率随着 ADD 总水平的增大而减少（$P_{趋势}$值均< 0.05）。调整相关混杂因素后（模型 2 或模型 3），TG、TC 异常率随着 ADD 总水平的增大而增加（$P_{趋势}$值均< 0.05），且与 ADD 总水平 Q_1 组对象相比，Q_2、Q_3、Q_4 组对象 TG 发生异常的风险较大，以及 Q_4 组对象 TC 发生异常的风险较大（表 4）。

表 4　logistic 回归模型分析 ADD 总与血脂异常的关系［*OR(95%CI)*］

Table 4　Logistic regression model was used to analyze the relationship between ADD_{total} and dyslipidemia［*OR(95%CI)*］

血脂指标	Q_2	Q_3	Q_4	$P_{趋势}$值
TG				
模型 1	0.90(0.55,1.46)	0.56(0.33,0.95)	0.55(0.26,1.03)	0.002
模型 2	2.52(1.38,4.61)	3.28(1.51,7.15)	4.73(1.70,13.13)	0.010
模型 3	2.61(1.38,4.93)	3.42(1.51,7.73)	5.12(1.77,14.85)	0.010
TC				
模型 1	1.20(0.70,2.03)	1.12(0.65,1.93)	1.65(0.89,3.05)	0.196
模型 2	1.49(0.80,2.77)	1.68(0.79,3.57)	2.67(1.06,6.72)	0.047
模型 3	1.37(0.73,2.57)	1.63(0.75,3.52)	2.62(1.02,6.75)	0.036
HDL-c				
模型 1	0.53(0.31,0.90)	0.23(0.12,0.43)	0.10(0.03,0.34)	0.000
模型 2	0.76(0.38,1.50)	0.42(0.16,1.10)	0.23(0.05,1.08)	0.021
模型 3	0.65(0.32,1.30)	0.40(0.15,1.07)	0.22(0.04,1.05)	0.031
LDL-c				
模型 1	0.92(0.52,1.62)	0.77(0.43,1.39)	0.78(0.38,1.60)	0.298
模型 2	1.01(0.51,1.99)	0.94(0.40,2.17)	0.99(0.34,1.08)	0.903
模型 3	0.87(0.44,1.72)	0.78(0.33,1.84)	0.80(0.34,2.39)	0.704

注：（1）按照 ADD 总水平分为 Q_1 组（0.5-0.7 m³ /kg/day）、Q_2 组（0.7-0.9 m³ /kg/day）、Q_3 组（0.9-1.1 m³ /kg/day)、Q_4 组（> 1.1 m³ /kg/day），以 Q_1 组为参考组。（2）模型 1：调整年龄、性别。（3）模型 2：调整年龄、性别、高血压、BMI、吸烟。（4）模型 3：调整年龄、性别、高血压、BMI、吸烟、糖尿病、饮酒等因素。

3　讨论

随着人们生活水平的提高，血脂异常发病人数逐年上升，有研究报道，2019 年血脂异常全球患病率约 15.2%，已成为全球性公共卫生事件之一[27]，因此研究血脂异常的影响因素具有重要意义，然关于空气污染物与血脂异常的报道仍然较少。

本研究以湖南西部两矿区为研究现场，结果显示 $PM_{2.5}$ 年平均浓度均超出国家空气质量标准（Ⅱ级），与中国北部包头市一项关于稀土矿区 $PM_{2.5}$ 的研究[28]结果相似，矿区其余五种空气污染物年均浓度均在国家空气质量标准（Ⅱ级）范围内，与 Phenny Mwaanga[29]等人报道的矿区空气污染主要以 SO_2 与颗粒物（PM）为主有所不同。原因可能为这两个矿区分别以雄黄矿、铅锌矿的开采与冶炼为主，其中雄黄矿的冶炼过程中会产生 SO_2，但由于早期矿区环境污染严重，于 2012 年已开始环境治理并取得一定的成效，因此 SO_2 浓度较低。

我们的研究结果显示湖南西部两矿区中老年人血脂异常患病率为 25.3%，高于全球[27]和绵阳市老年人血脂异常患病率[30]，但低于中国成人[24]和张家港市中老年人血脂异常患病率[31]，这表明血脂异常可能与地区经济发展水平、人群健康意识以及饮食习惯等其它因素有关，空气污染并不是唯一的影响因素。

伊朗一项全国研究[32]发现空气污染指数（AQI）与 TG 、TC 之间为正相关。中国河南农村的一项研究[33]显示 $PM_{2.5}$ 与 TC 为正相关。一项基于 11,623 名成年参与者的研究[34]发现 PM_{10} 每增加 11.1ug/m^3，TG 增加 2.42%(95%CI: 1.09-3.76%),TC 增加 1.43%(95%CI:1.21 -1.66%)。此外 Cai[4]等人基于 144082 名参与者的研究发现，PM_{10} 或 NO_2 与更高的 TG 水平相关，分别为 1.90%(95%CI:1.50-2.40%)和 2.20%(95%CI: 1.60-2.70%)。我们的研究结果显示，中老年人空气污染物每日摄入量与血脂指标 TG、TC 呈正相关，与上述研究结果一致。

总之，空气污染物与血脂异常的关系及其影响机制不容忽视，特别是空气污染物不同暴露水平与血脂异常之间的剂量-反应关系仍然需要进一步深入的研究，本研究只是一次尝试性的探索。

本次研究，调查获取矿区中老年人的一般人口学特征以及血脂水平等信息，并收集气象部门发布的调查研究前两年的监测站空气污染数据，通过反距离权重插值法、AQCI 以及 ADD 的计算公式，将外环境空气污染物暴露与人群健康损伤（血脂异常）联系起来并进行关联分析。结果显示空气污染物暴露对中老年人血脂异常有一定的影响，为研究空气污染物暴露与血脂异常的进一步研究提供了参考依据。

同时，本次研究也存在一定的局限性。首先，尽管调整了与血脂异常有关的因素，如年龄、性别、吸烟、饮酒、体重指数、高血压等，但其他相关因素如饮食因素等没有考虑，可能会存在混杂。其次，我们没有收集参与者室内室外的时间—活动信息，无法精确估计个体的暴露水平，这可能导致暴露水平分组存在混杂。

作者贡献：奉水东负责文章章审查和编辑写作以及修订：李君艳负责原稿写作和形式分析以及修订：邓蜀湘、曹梦悦、陈立谋、唐艳、唐鹏、刘俊负责形式分析以及文章的审查、评论：沈敏学负责开展调查、数据管理、资源提供；杨飞负责开展调查、数据管理、资金支持、提出想法、监督以及文章的审查、评论等全面指导：所有作者确认了论文的最终稿。

利益冲突情况　所有作者均声明不存在利益冲突。

致谢

感谢为本文章做出贡献的所有人员。此外，感谢国家自然科学基金、湖南省重点研发项目、湖湘青年人才计划项目、湖南省优秀青年基金的基金支持。

参考文献

[1] WHO. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease[M]. Geneva. World Health Organization, 2016.

[2] Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the global burden of disease study 2015[J]. Lancet, 2016, 388(10053): 1659-1724.

[3] BROOK R D, RAJAGOPALAN S, POPE C A, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to

the scientific statement from the American heart association[J]. Circulation, 2010, 121(21): 2331-2378.

[4] CAI Y, HANSELL A L, BLANGIARDO M, et al. Long-term exposure to road traffic noise, ambient air pollution, and cardiovascular risk factors in the HUNT and lifelines cohorts[J]. Eur Heart J, 2017, 38(29): 2290-2296.

[5] FRANKLIN B A, BROOK R, POPE C A. Air pollution and cardiovascular disease[J]. Curr Probl Cardiol, 2015, 40(5): 207-238.

[6] YANG B Y, GUO Y, MARKEVYCH I, et al. Association of long-term exposure to ambient air pollutants with risk factors for cardiovascular disease in China[J]. JAMA Netw Open, 2019, 2(3): e190318.

[7] SHUN C H, YUAN T H, HUNG S H, et al. Assessment of the hyperlipidemia risk for residents exposed to potential emitted metals in the vicinity of a petrochemical complex[J]. Environ Sci Pollut Res, 2021, 28(22): 27966-27975.

[8] ABD-RABO M M, WAHMAN L F, El H R, et al. High-fat diet induced alteration in lipid enzymes and inflammation in cardiac and brain tissues: assessment of the effects of Atorvastatin-loaded nanoparticles[J]. Biochem Mol Toxicol, 2020, 34(5): 8.

[9] MENG L , QIAN Z M , MICHAEL V, et al. Sex-specific difference of the association between ambient air pollution and the prevalence of obesity in Chinese adults from a high pollution range area: 33 communities chinese health study[J]. Atmos Environ, 2015, 117: 227-233.

[10] DONG G H, QIAN Z M, XAVERIUS P K, et al. Association between long-term air pollution and increased blood pressure and hypertension in China[J]. Hypertension, 2013, 61(3): 578-584.

[11] YANG B Y, QIAN Z M, Li S, et al. Ambient air pollution in relation to diabetes and glucose-homoeostasis markers in China: a cross-sectional study with findings from the 33 communities Chinese health study[J]. Lancet Planet Health, 2018, 2(2): e64-e73.

[12] YANG B Y, BLOOM M S, MARKEVYCH I, et al. Exposure to ambient air pollution and blood lipids in adults: the 33 communities Chinese health study[J]. Environ. Int., 2018, 119: 485-492.

[13] CHUANG K J, YAN Y H, CHENG T J. Effect of air pollution on blood pressure, blood lipids, and blood sugar: a population-based approach[J]. J Occup Environ Med, 2010, 52(3): 258-262.

[14] 李莲芳, 曾希柏, 白玲玉, 等. 石门雄黄矿周边地区土壤砷分布及农产品健康风险评估 [J]. 应用生态学报, 2010, 21(11): 2946-2951.

LI L F, ZENG X B, BAI L Y, et al. Soil arsenic content and its health risk assessment for agricultural products in the region surrounding Shimen arsenic sulphide mine[J]. Chinese Journal of Applied Ecology. 2010, 21(11): 2946-2951.

[15] 卓新隆, 谢国军, 鲁斌, 等. 湖南省花垣县大脑坡矿区铅锌矿勘探报告[J]. 全国地质资料馆, 2019.

ZHOU X L, XIE G J, LU B, et al. Exploration report of lead-zinc deposit in Niaopo mining area, Huayuan County, Hunan Province [J]. National Geological Archive, 2019.

[16] 沈炼伟, 王维. 中国健康与养老追踪调查：中老年人跌倒的相关因素分析及列线图预测模型的构建[J]. 现代预防医学, 2022, 49(11): 2040-2047.

SHEN L W, WANG W. China health and elderly care follow-up survey:analysis of related factor falls in middle-aged and elderly people and construction of nomogram prediction model[J]. Modern preventive medicine, 2022, 49(11): 2040-2047.

[17] CHEN B, HUANG S, HE J, et al. Sex-specific influence of prenatal air pollutant exposure on neonatal neurobehavioral development and the sensitive window[J]. Chemosphere, 2020, 254: 126824.

[18] BELL M L. The use of ambient air quality modeling to estimate individual and population exposure for human health research: a case study of ozone in the Northern Georgia Region of the United States[J]. Environ. Int., 2006, 32(5): 586-93.

[19] 中国环境监测总站. 2021 年 9 月全国城市空气质量报告[EB/OL]. (2021-11-01) [2022-10-17]. https://www.mee.gov.cn/hjzl/dqhj/cskqzlzkyb/202110/t20211026_957868.shtml.

China Environmental Monitoring Station. National urban air quality report, september 2021 [EB/OL]. (2021-11-01) [2022-10-17]. https://www.mee.gov.cn/hjzl/dqhj/cskqzlzkyb/202110/t20211026_957868.shtml.

[20] WANG H H, ZHANG S C, WANG J, et al. Combined toxicity of outdoor air pollution on kidney function among adult women in Mianyang City, southwest China[J]. Chemosphere, 2020, 238: 124603.

[21] 环境保护部，国家质量监督检验检疫总局.（GB 3095—2012）环境空气质量标准[M],北京：中国环境科学出版社, 2012: 3.

Ministry of Environmental Protection, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Ambient air quality standards (GB 3095—2012) [M],BeiJing:China Environmental Science Press, 2012: 3. .

[22] TRACZYK P, GRUSZECK-KOSOWSKA A. The condition of air pollution in Kraków, Poland, in 2005-2020, with health risk assessment[J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(17).

[23] EPA: Inhalation rates, exposure factors handbook[EB/OL]. (2011-3) [2022-10-17]. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/efh-chapter06.pdf

[24] 诸骏仁，高润霖，赵水平,等. 中国成人血脂异常防治指南（2016 年修订版）[J]. 中华健康管理学杂志. 2017: 7-28.

ZHU J R, GAO R L, ZHAO S P, et al . Guidelines for pevention and treatment of dyslipidemia in adults in China (2016 revised edition) [J]. Chinese Journal of Health Management,2017: 7-28.

[25] 中国高血压防治指南(2018 年修订版)[J]. 中国心血管杂志. 2019: 24-56.

2018 Chinese guidelines for the management of hypertension[J]. Chinese Journal of Cardiovascular Medicine, 2019: 24-56.

[26] 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版) [J]. 中华糖尿病杂志, 2018, 10(01): 4-67.

Guidelines for prevention and treatment of type 2 diabetes in China (2017) [J]. Chinese Journal of Diabetes , 2018, 10(01): 4-67.

[27] ZOKAEIi A, ZIAPOURr A, KHANGHAHI M E, et al. Investigating high blood pressure, type-2 diabetes, dislipidemia, and body mass index to determine the health status of people over 30 years[J]. J Educ Health Promot, 2020, 9: 333.

[28] LI K, LIANG T, WANG L, et al. Inhalation exposure and potential health risk estimation of lanthanides elements in PM(2.5) associated with rare earth mining areas: a case of Baotou city, northern China[J]. Environ. Geochem. Health, 2018, 40(6): 2795-2805.

[29] MWAANGA P, SILONDWA M, KASALI G, et al. Preliminary review of mine air pollution in Zambia[J]. Heliyon, 2019, 5(9): e02485.

[30] 郭洪菊，陈羲，王娟. 绵阳市 60 岁以上老年人群血脂现况分析 [J]. 预防医学情报杂志, 2019, 35(09): 935-940.

GUO H J, CHEN X, WANG J. Analysis of the current situation of dyslipidemia among the elderly in Mianyang[J]. Journal of Preventive Medical Information, 2019, 35(09): 935-940.

[31] 李凯，邱晶，王夏冬. 张家港市中老年人血脂异常检出情况及危险因素分析[J]. 预防医学情报杂志, 2017, 44(14): 2549-2552.

LI K, QIU J, WANG X D. Analysis on blood lipid abnormality and risk factors in middle-aged and people in Zhangjiagang city[J]. Journal of Preventive Medical Information, 2017, 44(14): 2549-2552.

[32] POURSAFA P, MANSOURIAN M, MOTLAGH M E, et al. Is air quality index associated with cardiometabolic risk factors in adolescents? the CASPIAN-III study[J]. Environ. Res., 2014, 134: 105-109.

[33] MAO S, CHEN G, LIU F, et al. Long-term effects of ambient air pollutants to blood lipids and dyslipidemias in a Chinese rural population[J]. Environ. Pollut., 2020, 256: 113403.

[34] SHANLEY R P, HAYES R B, CROMAR K R, et al. Particulate air pollution and clinical cardiovascular disease risk factors[J]. Epidemiology, 2016, 27(2): 291-8.